

**Problema: ¿La descarga de aguas residuales está acelerando
la eutrofización en la Laguna de Tampamachoco?**

Jordán Gutiérrez Vivanco
Universidad Veracruzana
FCByA-Región Poza Rica-Tuxpan
jogutierrez@uv.mx

Resumen: El documento ilustra de manera breve, para el estudiante universitario: la formulación de un problema cotidiano desde una perspectiva interdisciplinar, las consideraciones para comprender con pensamiento crítico (PC) aquellas condiciones que deben tomarse en cuenta para la búsqueda de una solución y/o resolución, mediante el uso de modelos y teorías. Planteo un modelo teórico que propongo para enfrentar el problema de aceleración de la eutrofización en la Laguna de Tampamachoco por descarga de aguas residuales. En la *Introducción* se realiza la revisión de trabajos previos en la Laguna de Tampamachoco referente a la determinación y cuantificación de Nutrientes: NO₂, NO₃ y PO₄. En el *Desarrollo* se identifica brevemente la pregunta de investigación. Posteriormente, se identificaron *Las fases para la solución y/o resolución* del problema. Finalmente, se construyó un *Modelo de Problema/Solución* y se identificaron los componentes del propio modelo, en los que se menciona a la Teoría de Sistemas, el Entorno, la Teoría de Necesidad y la Teoría ecológica.

Términos clave: Modelo, problema, eutrofización, Laguna de Tampamachoco, aguas residuales, solución.

Abstract: The document briefly illustrates for the university student the formulation of a daily problem from an interdisciplinary perspective for understand with critical thinking (CT) those conditions that must be considered for the search for a solution and/or resolution by using models and theories. I am proposing a theoretical model that I propose to confront the problem of accelerating eutrophication in the Laguna de Tampamachoco by discharge of wastewater. The introduction is a review of previous Works in the Laguna de Tampamachoco concerning the determination and quantification of nutrients: NO₂, NO₃ y PO₄. The research question is briefly identified in the development. Subsequently, the phases for solution and/or resolution of the problem were identified. Finally, a model of problem/solution was built and the components of the model itself were identified, in which it mentions the theory of systems, the environment, the theory of necessity and the ecological theory.

Keywords: Model, problem, eutrophication, Laguna de Tampamachoco, waste water, solution.

Introducción

De manera breve referiré algunos trabajos previos sobre la Laguna de Tampamachoco referente a la determinación y cuantificación de Nutrientes: NO₂ [nitritos], NO₃ [nitratos] y PO₄ [Fosfatos].

Las lagunas costeras representan ambientes acuáticos con una considerable variación de sus parámetros ambientales, promovida por el comportamiento hidrodinámico de estos sistemas (Pinto *et al.*, 2001).

Las lagunas costeras generalmente manifiestan un comportamiento hidrológico estacional (Zimmerman, 1981; Knoppers *et al.*, 1999) debido a su dependencia a los aportes de agua dulce y sus efectos (Nixon, 1981; Knoppers *et al.*, 1991; Ringwood y Keppler, 2002), por las estaciones climáticas (lluvia y estiaje). A su vez tienen un comportamiento físico, químico y biológico muy específico, se caracterizan por su gran complejidad. Uno de los rasgos más comunes de estos ambientes es la abundancia relativa de nutrientes y materia particulada si se comparan con las aguas litorales y oceánicas, catalogándose como sistemas exportadores de nutrientes (De la Lanza y Cáceres, 1994).

Las variaciones de las concentraciones de nutrientes y sus fuentes son primordiales en todos los ecosistemas acuáticos (Nixon, 1981).

Por ello, en las lagunas costeras es relevante realizar estudios que permitan la evaluación y el análisis hidrológico de las variables ambientales y la relación de estas con los nutrientes en el tiempo y en el espacio, para establecer la dinámica de estos ambientes acuáticos, hacer su caracterización y administrarlos en forma sustentable.

La determinación y cuantificación de los NO₂, NO₃ y PO₄ de la Laguna de Tampamachoco son herramientas que permiten conocer el estado de salud del ecosistema. Aún más, el acopio de datos históricos es importante, ya que estos son el sustento para el *diseño de modelos* que **expliquen** el funcionamiento de este humedal, y que **permitan reproducir y pronosticar** sus escenarios ambientales.

La Laguna de Tampamachoco se localiza al norte del estado de Veracruz, aproximadamente a 9 km de la ciudad de Tuxpan. Es una laguna costera con un eje mayor paralelo a la línea de costa, separada del mar por una barrera arenosa; presenta sedimentación terrígena diferencial, asociada con sistemas deltaico-fluviales (Lankford, 1977).

La extensión aproximada de la laguna es de 1500 ha con un volumen de agua de $3.69 \times 10^6 \text{ m}^3$. Cuenta con dos canales de navegación que tienen la misma posición de inicio, uno denominado “Canal Antiguo” y otro denominado “Canal Nuevo”, este último es el que actualmente se usa como medio navegable.

El eje mayor de la laguna está orientado de norte a sur y mide aproximadamente 8 km de longitud; de la boca del canal nuevo a la desembocadura del río Tuxpan; su ancho máximo es de 3.5 km. El “Canal Nuevo” tiene una profundidad de 3 m, y se prolonga hasta la Laguna de Tamiahua. Al Noroeste de la Laguna de Tampamachoco y aproximadamente a 11 km de donde inician los canales se encuentra el estero Galindo (que en algunas épocas desemboca de modo artificial al mar en la llamada boca de Galindo (Bulit *et al*, 1989 y Bedia-Sánchez, 1990). Hacia la parte sur, la laguna se conecta con el río Tuxpan a través del estero de Tampamachoco, ubicado a 2 km de la desembocadura en el mar, por lo que su comunicación con éste es casi directa. El río Tuxpan, conocido también como Pantepec, es el principal sistema fluvial de la zona y junto con otros pequeños arroyos de menor caudal, suministran la mayor cantidad de agua dulce durante el período de lluvias (Castro-Aguirre, 1986). [Los detalles de la investigación, aquí abreviada, pueden verse en Gutiérrez-Vivanco (2010).]

1. Desarrollo

La Laguna de Tampamachoco recibe descargas de aguas residuales (grises y negras) de los asentamientos humanos ubicados en las porciones sureste (isla potreros) y suroeste (Localidad La Mata de Tampamachoco) en esta última localidad se encuentran restaurantes de Pescados y Mariscos, que descargan sus aguas directamente en la Laguna.

Ante este escenario se plantea la ***pregunta problemática*** de investigación:

¿La descarga de aguas residuales está acelerando la eutrofización en la Laguna de Tampamachoco?

A continuación, aplicaré un *modelo* con el cual se pretende identificar las fases en la solución y resolución del problema, delimitarlo y construir el correspondiente *modelo teórico*. La importancia de contar con este modelo es que permitirá identificar las teorías clave, tanto para el problema como para la solución/resolución.

2. Identificación de fases¹ de solución y resolución del problema

Se reconoce un **TIEMPO DE ENTROPÍA** que se distingue por un estado de desorden en las condiciones de este *sistema* llamado Laguna de Tampamachoco.

Se distingue la fase o **Período de Incubación** en la que en la laguna de manera natural y como parte de un proceso de las comunidades acuáticas entra en un proceso denominado SUCESIÓN en el que con el transcurrir del tiempo la composición de las especies varía en espacio y en tiempo. La INCUBACIÓN también se interpreta en el fenómeno humano de conducir descargas de aguas residuales en los cuerpos de agua, lo que conlleva el acarreo de materia orgánica rica en nutrientes que “fertiliza la laguna”.

El **Período Prodrómico** constituye en la laguna el inicio acelerado de enriquecimiento de nutrientes en la laguna de Tampamachoco.

EL **Cuadro Problemático** o CUADRO DE PROBLEMAS se reconoce al detectar en zonas de la Laguna de Tampamachoco, asentamientos humanos con descargas de aguas residuales, altas concentraciones de nutrientes de Nitrógeno y de Fósforo, valores altos de oxidación de materia orgánica, bajos niveles de oxígeno, mal olor del agua y mortandad de peces. (Nótese que la pregunta de investigación revela en este momento más de un problema.)

El **Periodo de Defervescencia** se presenta de manera natural en el cuerpo de agua porque tiene la propiedad de autodepuración denominado resiliencia, que le permite al sistema tender a recuperar las condiciones fisicoquímicas y biológicas normales. Otra vía de defervescencia se logra controlando las descargas de aguas residuales a través de la operación de una planta de tratamiento y/o propiciando un adecuado manejo de la cuenca hidrológica.

El **Periodo de Recuperación** se identifica en la Laguna de Tampamachoco cuando esta tiende a adquirir el estado de normalidad inicial, ya sea por resiliencia o por manejo de la cuenca hidrológica.

Finalmente, la HOMEOSTASIS es una característica natural de los sistemas biológicos y ecológicos de tender a mantener un estado de equilibrio.

Así, el **TIEMPO DE HOMEOSTASIS** se reconoce como un estado de equilibrio en las condiciones naturales de la Laguna de Tampamachoco.

¹ Aquí llamaré fases a lo que Illescas (2017) llama períodos. Pondré en letras “cursivas/negritas” la nomenclatura de dicho autor. Haré una aplicación de su *modelo M-PSP*.

3. Construcción del Modelo Teórico

El modelo teórico que estoy empleando y que considero subyace a la investigación es un *Modelo Problema/Solución* [MP/S] que consta de los siguientes elementos en su estructura:

$$MP/S: <P, S, T_S, T_N, M-PSP, E, T_E>$$

donde:

MP/S = Modelo Problema-Solución

P = Problema.

S = Solución.

T_S = Teoría de Sistemas.

T_N = Teoría de Necesidad.

M-PSP = Modelo de Períodos de Solución o resolución de problemas

E = Entorno.

T_E = Teoría Ecológica

Los componentes del modelo tienen definiciones conceptuales y relaciones específicas y claras definidas por las teorías implicadas.

Bibliografía

- Bedia-Sánchez, C. M. (1990). *Aspectos ecológicos del ictioplancton del sistema estuarino de Tuxpan, Veracruz. México*. (Tesis de Licenciatura). UNAM-ENEP-Iztacala, México.
- Bulit, G. C .E, Girón–Botello, N. Sánchez. y M. Signoret. P. (1989). *Producción primaria fitoplanctonica en la laguna de Tampamachoco en un ciclo anual. Reporte del proyecto Estudios Hidrobiológicos en la región estuarino-lagunar de Tuxpan-Tampamachoco, Ver. y zona noroccidental del Golfo de México*. México-Distrito Federal: CONACYT-UAM-I.

- Castro-Aguirre, J.L. *et al* (1986) Estudios ictiológicos en el sistema estuario-lagunar Tuxpam-Tampamachoco, Veracruz. I. Aspectos ecológicos y elenco sistemático, *Anales Esc. Nac. Cienc. Biol., Méx.* 30: 155-170.
- De la Lanza, G. y C. Cáceres. (1994). *Lagunas costeras del litoral mexicano*. México: Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Gutiérrez-Vivanco, J. (2010). *Variación espacio-temporal de los parámetros físico-químicos, clorofila-a y nutrientes en la Laguna de Tampamachoco-Veracruz (Golfo de México Occidental)*. (Tesis de Maestría). Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, Tuxpan, México.
- Illescas, C. (2017) Períodos en la solución o resolución de problemas, en *Ergo, Nueva Época*, No (33), México: Universidad Veracruzana.
- Knoppers, B., E.D. Bidone & J.J. Abrao. (1999). *Environmental geochemistry of coastal lagoon systems of Rio de Janeiro, Brazil*. Brazil: UFF-FINEP.
- Knoppers, B., B. Kjerfve & J.P. Carmouze. (1991). *Trophics state and water turnover time in six chooked coastal lagoons in Brazil*. Brazil: Biogeochemistry.
- Lankford, R.R. (1977). Coastal lagoon of Mexico. Their origin and classification. En: Wiley M. (eds). *Estuarine processes*. Academic Press.182-215.
- Nixon, S.W. (1981). Freshwater inputs and estuarine productivity: Proceedings of the National Symposium on Freshwater inflow to Estuaries. U.S. Fish and Wildlife Service. U.S.A. In. Cross, R.D & D. Williams (EDS)
- Pinto A, Von Sperling E, Moreira R. (2001). Chlorophyll-a Determination via Continuos Measurement of Plankton Fluorescence: Methodology Development. *Water Res.* 35(16): 3977-3981.
- Ringwood, A. H. y CH. J. Keppler. (2002). Water quality variation and clam growth: Is pH really a non –issue in Estuarine? *Estuaries*. 25(5): 901-907.
- Zimmerman, J .T .F. (1981). The flushing of well-mixed tidal lagoons and its seasonal fluctuations: 15-26. In *Coastal lagoon research. Present and Future*. Francia: UNESCO.